Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No.2, 2024, p. 187-202

Effects of *Spirulina platensis* on Growth Performance, Carcass Traits, Cecal Microflora and Immune Response of Broiler Chickens Under Heat Stress and Comparing It with Vitamin E

Farrokh Nazmi[1], Seyed Ali Mirghelenj[2*], Mohsen Daneshyar[3], Mohammad Amir Karimi Torshizi[4], Sina Peyvastegan[5], Hosna Hajati[6]

1- Ph.D. Student, Department of Animal Science, International Pardis of Urmia University, Urmia, Iran
2, 3 and 5- Associate Professor, Professor and Assisstant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.
4- Associate Professor, Department of Poultry Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.
6- Assisstant Professor, Animal Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author's Email: a_mirghelenj@yahoo.com

Received: 19-06-2023 Revised: 23-12-2023 Accepted: 08-01-2024 Available Online: 0۴-0۸-202۴	**How to cite this article:** Nazmi, F., Mirghelenj, S. A., Daneshyar, M., Karimi Torshizi, M. A., Peyvastegan, S., & Hajati, H. (2023). Effects of *Spirulina platensis* on growth performance, carcass traits, cecal microflora and immune response of broiler chickens under heat stress and comparing it with vitamin E. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *16*(2), 187-202. (In Persian with English Abstract). http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.83033.1154

Introduction: Due to genetic selection, today's strains exhibit higher metabolic activity, resulting in increased heat production and reduced heat resistance. This can negatively impact their immune system and production performance (Havenstein et al. 1994).Thaxton *et al*. (1968) showed that high ambient temperature can have a negative effect on the immune responses of broiler chickens. In recent years, in order to improve the health of chicken meat consumers, the production of broiler chickens without the use of antibiotics has been proposed, and the ban on the use of antibiotics has been issued by the European Union in 1999 (Youssef *et al*., 2016). For this reason, today there is a tendency to use alternative sources. Algae and microalgae are of the natural substances whose beneficial effects have received much attention in recent years. *Spirulina platensis* (SP) is a filamentous blue-green microalgae (cyanobacteria) generally regarded as prebiotic and source of high quality protein, minerals, essential fatty acids, essential amino acids, pigments and phenolic acids. Many studies have shown that *Spirulina* has antioxidant, immunomodulatory, anti-inflammatory, antiviral, and antimicrobial activity in various experimental animals (Hajati and Zaghari 2019).

Materials and Methods: A total of 360 one-day old male broiler chickens (Ross 308 strain) were allocated to 6 treatments, 6 replicates and 10 birds each replicate in a completely randomized design. The experimental treatments included different levels of *Spirulina platensis* microalgae powder: 0 (Control), 0.25, 0.50, 0.75, and 1.0 percent *Spirulina platensis* powder, and one treatment included Vitamin E at the level of 150 g/ton feed. The basal diet was based on corn0soybean meal and all the diets were isocaloric and isonitrogenous and used for 42 days in diets. During the experiment, the feed consumption and weight gain of the chickens were measured weekly and the feed conversion ratio was calculated for each week and period.

On 42 d of experiment, 2 birds from each replicate were randomly selected, humoral immune response was evaluated and then killed after weighing, carcass components and internal organs were weighed and their weight was calculated as a percentage of live weight. In order to evaluate the humoral immune system, the antibody titer produced against SRBC was measured using the hemagglutination method. In the end of experiment, the microbial population of the cecum was counted. All the data were analyzed in the form of a completely random

http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.83033.1154

design by SAS software and with the GLM procedure, and the comparison of means was done with Tukey's test.

Results and Discussion: Results showed that the use of different levels of SP had no significant effect on the amount of feed intake during the whole period (P<0.05), but in finisher period, using %1 SP could improve body weight gain and feed efficiency of the broilers compared to control group (P<0.05). Breast yield of the chickens was affected by the level of dietary *Spirulina*, and it improved at the levels of 0.5, 0.75, and 1.0 percent SP usage compared to control and vitamin E groups (P<0.01). The relative weight of abdominal fat decreased in the birds fed with SP at the levels of 0.75 and 1.0 percent compared to control group (P<0.01). There was no difference among total count, ceca Lactobacillus and *E. Coli* in the chickens of different experimental groups (P>0.05). The response of humoral immune system was higher in all four levels of SP and also vitamin E compared to control treatment. Chickens which consumed *Spirulina* at the level of 1 percent had the highest level of antibody titer. Mustafa *et al*. (2021) by achieving a growth performance similar to the present research, stated that the effect of SP on the intestinal microbial population, such as the increase of *Lactobacillus* and the decrease of *Escherichia coli*, has improved the performance of the birds under heat stress conditions. According to the reports on the effects of heat stress on digestive enzymes (Sahin *et al*., 2002) and the efforts of previous researchers to overcome the adverse effects of heat stress on digestive enzymes by using phytogenic compounds (Khosravinia *et al*., 2016), the researchers of the present study believe that the improvement of the mucous tissue and intestinal immune system and perhaps the increase in the secretion of digestive enzymes are the most important factors for improving the performance of birds in heat stress conditions.

Conclusion: Under heat stress condition, using 1 percent *Spirulina platensis* microalgae in broiler chickens' diet could improve both humoral immune system and growth performance.

Keywords: Antibiotic, Antioxidant, Prebiotic effects, Small intestine, Weight gain

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران

Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، ص. ۲۰۲-۱۸۷

تأثیر سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* (*Arthrospira platensis*) بر عملکرد رشد، خصوصیات لاشه، جمعیت میکروبی روده و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی در شرایط تنش گرمایی و مقایسه آن با مکمل ویتامین E

فرخ نظمی[۱]، سیدعلی میرقلنج[۲*]، محسن دانشیار[۳]، محمدامیر کریمی ترشیزی[۴]، سینا پیوستگان[۵]، حسنا حاجاتی[۶]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۸

چکیده

ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به‌عنوان یک ماده خوراکی طبیعی و عمل‌گرا، به‌دلیل اثرات پری‌بیوتیکی، پاداکسندگی و تقویت‌کنندگی پاسخ ایمنی، ممکن است بتواند کاهش عملکرد مرغ‌های گوشتی تحت تنش گرمایی را تخفیف دهد. این تحقیق به‌منظور ارزیابی تأثیر سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر عملکرد، خصوصیات لاشه، ترکیب جمعیت میکروبی روده کور و پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی طراحی شد. تعداد ۳۶۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه نر سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی به شش تیمار آزمایشی با شش تکرار ۱۰ قطعه‌ای اختصاص داده شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*: صفر (شاهد)، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵، ۱ و یک تیمار حاوی ۱۵۰ گرم در تن ویتامین E بود. جیره پایه بر اساس دانه ذرت- کنجاله سویا بوده و همه جیره‌ها نیز بر اساس انرژی و پروتئین یکسان فرموله و به‌مدت ۴۲ روز در جیره‌های غذایی استفاده شدند. در دوره پایانی پرورش، استفاده از یک درصد اسپیرولینا توانست افزایش وزن جوجه ها و بازده مصرف خوراک جوجه‌ها را نسبت به گروه شاهد بهبود دهد ($P<0/05$). بازده سینه جوجه‌ها در سطوح ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد، نسبت به گروه شاهد و ویتامین E بهبود یافت ($P<0/01$). وزن نسبی چربی محوطه بطنی در پرندگان تغذیه شده با سطوح ۰/۷۵ و یک درصد اسپیرولینا، نسبت به گروه شاهد کاهش یافت ($P<0/01$). شمار جمعیت کل، لاکتوباسیل و اشریشیاکولی روده کور در گروه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($P>0/05$). پاسخ سامانه ایمنی هومورال در هر چهار سطح اسپیرولینا و نیز ویتامین E به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد بالا بوده است. جوجه‌هایی که سطح یک درصد اسپیرولینا دریافت کرده بودند بالاترین مقدار عیار پادتن را داشتند، بنابراین تحت شرایط تنش گرمایی، استفاده از یک درصد ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در جیره جوجه گوشتی، باعث بهبود پاسخ ایمنی هومورال جوجه‌های گوشتی و عملکرد رشد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اثرات پری‌بیوتیکی، افزایش وزن، پاداکسندگی، پادزیست، روده باریک

مقدمه

سرعت رشد جوجه‌های گوشتی امروزی، نسبت به سه دهه قبل، افزایش قابل توجهی پیدا کرده است، به‌طوری‌که جوجه‌های گوشتی امروزه سه برابر سریع‌تر از جوجه‌های گوشتی قدیمی رشد می‌کنند. انتخاب ژنتیکی انجام شده بر روی طیور باعث شده است که سویه های امروزی فعالیت متابولیکی بیشتری نیز داشته باشند که این امر باعث تولید بیشتر گرمای بدن آن‌ها شده است که می‌توانند با تحت تأثیر قرار دادن پاسخ ایمنی یا تأثیرات منفی بر خصوصیات فیزیولوژیکی پرنده، عملکرد تولید آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (Havenstein *et al.*, 1994). برخی محققان نشان دادند که دمای بالای محیط می‌تواند بر پاسخ ایمنی جوجه‌های گوشتی تأثیر منفی

۱- دانشجوی دکترای تخصصی تغذیه طیور، گروه علوم دامی، پردیس بین المللی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲، ۳ و ۵- به‌ترتیب دانشیار، استاد و استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۴- دانشیار گروه پرورش و مدیریت تولید طیور، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۶- استادیار بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

(*- نویسنده مسئول: Email: a_mirghelenj@yahoo.com)

http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.83033.1154

داشته باشد. یکی از این اثرات، سرکوب گلبول‌های سفید است (Thaxton *et al*., 1968). نشان داده شده که تنش گرمایی باعث کاهش عیار پادتن بر ضد گلبول قرمز گوسفند، تعداد لنفوسیت‌ها و وزن اندام‌های لنفاوی و افزایش نسبت هتروفیل به لنفوسیت در جوجه‌های گوشتی می‌شود (Olfati *et al*., 2018). با توجه به اثرات منفی ذکر شده، باید به‌دنبال راه‌هایی برای کاهش این اثرات منفی بود. به غیر از اثرات منفی تنش گرمایی بر پاسخ ایمنی جوجه‌ها، احتمال تغییر در جمعیت میکروبی روده جوجه‌ها نیز وجود دارد. ترکیب جمعیت میکروبی روده پرندگان رابطه مستقیمی با هضم و جذب مواد مغذی و در نتیجه، رشد و افزایش وزن بدن جوجه‌ها دارد. مطالعات پیشین تأثیر منفی تنش حرارتی بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی و به‌ویژه آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین در دستگاه گوارش پرندگان را ثابت کرده‌اند (Sahin *et al*., 2002). برخی دیگر از محققان بیان کردند که نفوذپذیری سلول‌های روده به سموم باکتریایی در اثر تنش گرمایی باعث عملکرد منفی بر افزایش وزن در جوجه‌های گوشتی می گردد (Tabler *et al*., 2020 ; Nanto Hara *et al*., 2019). برخی نیز با تأیید این مسئله اظهار داشتند که آسیب به بافت روده در اثر تغییر جمعیت میکروبی روده و همین‌طور آسیب به بافت کبد تحت تأثیر تنش حرارتی از اصلی‌ترین دلایل کاهش عملکرد رشد پرنده است (Liu *et al*., 2020). در سالیان اخیر، به‌منظور تأمین رفاه و ارتقاء سطح سلامت مصرف‌کننده، پرورش جوجه‌های گوشتی بدون استفاده از ترکیبات پادزیست محرک رشد (آنتی‌بیوتیک) مطرح شده و دستور منع استفاده از این ترکیبات در سال ۱۹۹۹ توسط اتحادیه اروپا صادر شده است (Yusuf *et al*., 2016). به همین دلیل، امروزه تمایل به استفاده از منابع جایگزین وجود دارد. یکی از مواد طبیعی که اثرات سودمند آن‌ها در سالیان اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است، جلبک‌ها و ریزجلبک‌ها می‌باشند. بیشتر ریزجلبک‌ها علاوه‌بر اینکه دارای خصوصیات پاداکسندگی و تقویت‌کنندگی سامانه ایمنی هستند، دارای خصوصیات پری‌بیوتیکی مؤثری نیز می‌باشند (Rawshon *et al*., 2015).

از مهم‌ترین ریز جلبک‌هایی که راندمان تولید بالایی داشته و کشت آن نیز در کشور ما رو به توسعه است، ریزجلبک *اسپیرولینا* است. *اسپیرولینا پلاتنسیس* دارای تیپ سلولی پروکاریوتیک است،این جلبک گاهی سیانوباکتری نامیده می‌شود و از قلمرو متعلق به Monera، کلاس Cyanophyceae، رده Nostocales و خانواده Oscillatoriaceae است و در سه گونه مهم *اسپیرولینا پلاتنسیس*، *اسپیرولینا ماگزیما* و *اسپیرولینا فوسیفورمیس* طبقه‌بندی می‌شود (Hajati and Zaghari, 2019). فعالیت ضد میکروبی *اسپیرولینا* می‌تواند ناشی از وجود اسید گاما لینولنیک، اسیدهای چرب فعال و اثرات همکوشی بین اسید لوریک و پالمیتولئیک باشد (Hajati and Zaghari, 2019). برخی محققان اثرات کاهش تعداد کلی‌فرم‌ها را با افزودن جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی گزارش کردند (Ansari *et al*., 2018) ایمولینا، پلی-ساکاریدی با وزن مولکولی بالا در عصاره ریزجلبک *اسپیرولینا* است که می‌تواند باعث افزایش ایمنی اختصاصی گردد (Lobner *et al*., 2008). برخی محققان گزارش کردند که تغذیه جوجه‌های گوشتی با *اسپیرولینا* باعث افزایش پاسخ‌های ایمنی هومورال و سلولی و رشد و توسعه اندام‌های لنفوئیدی می‌شود Al-Batshan *et al*., 2001; Qureshi *et al*., 1996; Raju *et al*., 2004). گزارش شده است که استفاده از *اسپیرولینا* در جیره جوجه‌های گوشتی می‌تواند باعث افزایش تیتر ایمونوگلوبولین G در جوجه‌های گوشتی شود (Zeweil *et al*., 2016) . برخی از محققان دیگر نشان دادند که استفاده از *اسپیرولینا* در جیره جوجه‌های گوشتی، باعث افزایش تعداد گلبول‌های سفید و کاهش درصد تلفات در جوجه‌های گوشتی گردید (Lokapirnasaria *et al*., 2016). در شرایط تنش گرمایی اثر سطوح ۰/۵ و یک درصد *اسپیرولینا* به همراه ۰/۷۵درصد ویتامین E بررسی شد و نشان داده شد که در شرایط تنش گرمایی، *اسپیرولینا* می‌تواند هم عملکرد و هم پاسخ ایمنی جوجه‌ها را نسبت به ویتامین E بهبود دهد (Zeweil *et al*., 2016). در تحقیق دیگری، نشان داده شد که برخی از ترکیبات *اسپیرولینا* همانند فیکوسیانین می‌تواند باعث بهبود پاسخ ایمنی با تخریب میکروب‌ها یا حذف سموم و همچنین باعث افزایش سلول‌های T و بهبود فعالیت تیموس شود (Belay and Teeter, 1993; Baojiang 1994). *اسپیرولینا* همچنین می‌تواند با افزایش فعالیت غده تیموس، تولید سلول‌های T در جوجه‌های گوشتی را بهبود دهد(Qureshi *et al*., 1996) . طبق تحقیقات کائود (Kaoud 2012) با تغذیه اسپیرولینا، وزن‌های نسبی و مطلق بورس و تیموس در همه پرندگان در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافت. با توجه به افزایش دمای هوای کره زمین در سالیان اخیر، مدیریت گرمای سالن‌های مرغداری دچار چالش اساسی شده و این تنش گرمایی می‌تواند با تأثیر منفی بر آنزیم‌های گوارشی پرنده، وضعیت پاداکسندگی، جمعیت میکروبی روده و ایمنی، عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی را تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی دیگر، یکی از مواد طبیعی که اثرات سودمند پاداکسندگی و تقویت‌کنندگی سامانه ایمنی شان بسیار مورد توجه قرار گرفته است، جلبک‌ها و ریزجلبک‌ها می‌باشند. تکثیر ریزجلبک‌هایی مانند *اسپیرولینا* در سالیان اخیر، رو به گسترش است و در صورت تأثیر مثبت بر عملکرد پرنده در شرایط تنش گرمایی، پتانسیل بالایی در این شرایط برای استفاده در جیره غذایی طیور به‌عنوان مکمل افزودنی دارد. بنابراین، هدف از آزمایش حاضر، بررسی اثرات سطوح مختلف *اسپیرولینا پلاتنسیس* تولید داخل،

بر عملکرد رشد، خصوصیات لاشه، جمعیت میکربی روده کور و پاسخ سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی در شرایط تنش گرمایی و مقایسه آن با ویتامین E به‌عنوان یک پاداکسنده عمومی است.

مواد و روش‌ها

ریزجلبک *اسپیرولینای* مورد استفاده در این آزمایش، از شرکت جلبک پارس تهیه و پس از تجزیه شیمیایی مواد مغذی در آزمایشگاه، در جیره‌های آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت. میزان انرژی قابل متابولیسم این ریزجلبک ۱/۵۱ کیلوکالری بر گرم و درصد پروتئین خام، کلسیم، فسفر، لایزین و متیونین به‌ترتیب ۵۵، ۱/۵، ۰/۱، ۳ و ۱/۵ درصد بود. در آزمایش مزرعه‌ای، تعداد۳۶۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه نر سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی به شش تیمار آزمایشی با شش تکرار ۱۰ قطعه‌ای اختصاص داده شد. تیمارهای آزمایشی ۱ تا ۵ شامل جیره‌های حاوی سطوح مختلف: صفر (شاهد)، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵و یک درصد پودر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بوده و در تیمار ۶، از ۱۵۰ گرم در تن ویتامین E استفاده شد. تمام جیره‌های آزمایشی بر طبق نیازهای تغذیه‌ای راهنمای جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ در سه دوره آغازین (۱۰- ۰ روزگی)، رشد (۲۵-۱۱ روزگی) و پایانی (۲۶-۴۲ روزگی) و بر اساس مواد مغذی یکسان با نرم‌افزار UFFDA تنظیم و برای تغذیه استفاده شدند. اقلام خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره‌های غذایی در دوره‌های آغازین، رشد و پایانی به‌ترتیب در جداول ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. برنامه نوری دوره پرورش از ابتدا تا انتهای آزمایش به‌صورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی اعمال گردید. برای اعمال تنش گرمایی، از هفته چهارم تا انتهای دوره، از نه صبح تا پنج بعدازظهر، دمای حدود ۳۲ درجه سانتی‌گراد در سالن اعمال شد. خوراک مصرفی جوجه‌ها در پایان هر دوره، به‌صورت میانگین مصرف جوجه‌های موجود در هر پن محاسبه شد. به‌طوری‌که مصرف خوراک برای هر دوره، پس از توزین مقدار خوراک باقی‌مانده در داخل دانخوری‌های هر پن به‌علاوه وزن دان پرت شده و تفاضل مقدار فوق از وزن اولیه خوراک توزین شده برای هر پن به‌صورت جوجه روز محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری افزایش وزن جوجه‌ها نیز، پایان هر دوره، جوجه‌ها به‌صورت گروهی توسط ترازو وزن‌کشی شده و میزان افزایش وزن پرنده‌های هر پن در هر هفته، با استفاده از تفاضل وزن جوجه‌ها در ابتدا و انتهای هر دوره بر اساس روز جوجه اندازه‌گیری گردید. ضریب تبدیل خوراک نیز از تقسیم مقدار خوراک مصرفی هر پن آزمایشی بر افزایش وزن همان پن محاسبه گردید. در پایان دوره آزمایش (۴۲ روزگی)، دو پرنده از هر تکرار با میانگین وزن پن، انتخاب و توزین گردید. پس از کشتار، وزن پانکراس، کبد، چربی محوطه بطنی، ران، سینه و وزن لاشه اندازه‌گیری و بر اساس درصدی از وزن زنده پرنده گزارش شدند.

برای اندازه‌گیری پاسخ ایمنی هومورال علیه گلبول قرمز گوسفند از یک رأس گوسفند نر، ۱۰ سی‌سی خون اخذ و در شیشه حاوی سیترات سدیم ریخته شد. سپس توسط سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه و به‌مدت ۱۰ دقیقه) گلبول‌های قرمز از سرم خون و گلبول‌های سفید جدا شده و سه بار با بافر فسفات سالین شسته شد. در نهایت، محلول پنج درصد از گلبول قرمز در بافر فسفات سالین تهیه گردیده و برای بررسی ایمنی هومورال و اندازه‌گیری پاسخ ایمنی علیه گلبول قرمز گوسفند در روز ۲۸ و ۳۵ آزمایش به دو جوجه شماره‌گذاری شده از هر پن ۰/۵ سی‌سی از محلول فوق در ماهیچه سینه تزریق شد. برای اندازه‌گیری پاسخ ایمنی علیه گلبول قرمز گوسفند، در روز۳۵ و ۴۲ آزمایش، دو میلی‌لیتر خون از ورید بالی جوجه‌ها اخذ و بعد از سانتریفیوژ، سرم‌ها جدا شده و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید، عیار پادتن تولید شده علیه SRBC با استفاده از روش هماگلوتیناسیون[1](HA) اندازه‌گیری شد. برای بررسی جمعیت میکروبی روده کور، محتویات روده کور هر پرنده در ظروف استریل شده درب بسته ریخته شده و بلافاصله به‌منظور انجماد سریع، در نیتروژن مایع قرار داده شد و پس از اتمام نمونه‌برداری به آزمایشگاه منتقل شده و در فریزر °C ۸۰- تا زمان انجام شمارش باکتریایی نگهداری شدند. برای شروع آزمایش، نمونه‌ها همگن شدند. برای همگن کردن، با یک میله شیشه‌ای استریل به هم زده شدند و سپس آماده‌سازی رقت‌ها صورت گرفت. یک گرم از نمونه روده کور در کپسول چینی ریخته و نه میلی‌لیتر از محلول سرم فیزیولوژیکی استریل روی آن اضافه و به هم زده شد تا پس از همگن شدن رقت 10^{-1} به‌دست آید، سپس از این رقت یک میلی‌لیتر برداشته و به لوله دوم (که حاوی نه میلی‌لیتر سرم فیزیولوژیکی بود) اضافه شد تا رقت 10^{-2} به‌دست آمد و این کار تا رقت 10^{-10} ادامه یافت. از رقت‌های به‌دست‌آمده فوق بعد از تکان دادن لوله‌ها از رقت 10^{-1} در سه تکرار در محیط‌های کشت توتال کانت (Que-lab) و EMB آگار (Merck) و MRS آگار (Que-lab) اسیدی کشت داده شد. محیط کشت توتال‌کانت، برای شمارش کلی جمعیت باکتری، EMB برای *اشریشیاکلی* و MRS آگار برای لاکتوباسیل‌ها استفاده شد. مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از هر رقت در محیط‌های مربوطه ریخته و به‌صورت سطحی با کمک میله L شکل کشت داده شد و برای شمارش جمعیت میکروبی کل از محیط کشت مک کانکی آگار دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و برای MRS آگار در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت در انکوباتور در شرایط بی‌هوازی و پنج درصد CO_2 قرار داده شد. سپس با استفاده از دستگاه کلنی کانتر (Sana Sl 902, Iran)، کلنی‌های قابل شمارش بین محدوده ۲۵۰-۲۵ مورد شمارش

1- HemagglutinationAssay (HA)

قرار گرفته و میانگین و لگاریتم کلنی‌های شمارش شده محاسبه شد. در نهایت، پس از انجام تست نرمالیته، داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از رویه GLM برای یک طرح کاملاً تصادفی توسط نرم‌افزار SAS (۹/۴) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌ها از آزمون توکی کرامر در سطح معنی‌داری پنج درصد استفاده گردید. مدل آماری برای تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌صورت زیر است:

معادله (۱) $Y_{ij}= \mu + T_i + e_{ij}$

که در آن، Y_{ij}: تیمارهای آزمایش، μ: میانگین کل آزمایش و e_{ij}: اشتباه آزمایشی مربوط به مشاهده می‌باشد.

جدول ۱- اقلام و ترکیب شیمیایی جیره در دوره آغازین (۱۰-۰ روزگی)

Table 1- Ingredients and chemical composition of diets in starter period (0-10 days)

	درصد (%)				
اقلام خوراکی Feed ingredients	جیره شاهد Control diet	0.25% *Spirulina*	0.5 % *Spirulina*	0.75% *Spirulina*	1% *Spirulina*
دانه ذرت Corn grain	53.00	53.05	53.11	53.16	53.21
کنجاله سویا Soybean meal	39.26	38.93	38.57	38.32	38.00
اسپیرولینا *Spirulina*	0	0.25	0.50	0.75	1
روغن سویا Soybean oil	2.82	2.84	2.86	2.88	2.90
دی‌کلسیم‌فسفات DCP	2.01	2.02	2.05	2.02	2.05
پوسته صدف Oyster shell	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
نمک طعام Common salt	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
کربنات سدیم $NaHCO_3$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
دی‌ال-متیونین DL-methionine	0.30	0.30	0.30	0.29	0.28
ال- لیزین هیدروکلرید L-lysine HCL	0.28	0.28	0.28	0.27	0.26
ال- ترئونین L-threonine	0.09	0.09	0.09	0.07	0.06
پری‌میکس ویتامینی[1] Vitamin premix[1]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
پری‌میکس معدنی[1] Mineral premix[1]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
کوکسیدیواستات Coccidiostate	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
جمع کل Total	100	100	100	100	100
Calculated chemical composition (%)					
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/ کیلوگرم) AME (kcal/kg)	2950	2950	2950	2950	2950
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9
کلسیم (درصد) Calcium (%)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
فسفر قابل‌دسترس (درصد) Available phosphorus (%)(	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
سدیم (درصد)					

Table 1 Continue — **ادامه جدول ۱**

Na (%)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
متیونین (درصد) Methionine (%)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
متیونین +سیستین (درصد) Methionine+cysteine (%)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
لیزین (درصد) Lysine (%)	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
ترئونین (درصد) Threonine (%)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
تریپتوفان (درصد) Tryptophan (%)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
تعادل آنیون کاتیون جیره (میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم) Dietary anion cation balance (meq/kg)	243	243	243	243	243

[1] ویتامینها و مواد معدنی تامین شده در هر کیلوگرم جیره: ویتامین A: ۱۰۰۰۰واحد بین المللی، ویتامینD_3: ۲۵۰۰ واحد بین المللی، ویتامینE: ۱۰ واحد بین المللی، ویتامینB_1: ۲/۲ میلی گرم، ویتامینB_1: ۲/۲ میلی گرم، ویتامینB_2: ۴ میلی گرم، ویتامینB3: ۸ میلی گرم، ویتامینB6: ۲ میلی گرم، ویتامینB9: ۰/۵۶ میلی گرم، ویتامینB12: ۰/۰۱۵میلی گرم، ویتامینH2: ۰/۱۵میلی گرم، کولین کلراید: ۲۰۰ میلی گرم، آهن: ۵۰ میلی گرم، سولفات روی : ۶۰ میلی گرم، سولفات منگنز: ۱۶۰ میلی گرم، ید: ۱میلی گرم، سولفات مس: ۵ میلی گرم، سلنیوم: ۰/۱ میلی گرم.

[1]Provided vitamins and minerals premix per kilogram of diet: vitamin A: 10000 IU; vitamin D_3:2500 IU; vitamin E: 10 IU; vitamin B_1: 2.2 mg; vitamin B_2: 4 mg; vitamin B_3; 8 mg; vitamin B2:4 mg; vitamin B3: 8 mg; vitamin B6: 2mg; vitamin B9: 0.56 mg; vitamin B12: 0.015 mg; vitamin H2: 0.15 mg; cholin chloride: 200 mg; Fe: 50 mg; Zn-sulfate: 60 mg; Mn-sulfate: 160 mg; Iodine: 1 mg; Cu-sulfate: 5 mg; Selenium: 0.1 mg.

جدول ۲- اقلام و ترکیب شیمیایی جیره در دوره رشد (۱۱-۲۵ روزگی)

Table 2- Ingredients and chemical composition of diets in grower period (11-25 days)

اقلام خوراکی Feed ingredients	درصد (%) جیره شاهد Control diet	0.25% *Spirulina*	0.5 % *Spirulina*	0.75% *Spirulina*	1% *Spirulina*
دانه ذرت Corn grain	56.50	56.56	56.61	56.66	56.72
کنجاله سویا Soybean meal	35.42	35.10	33.77	34.45	34.13
اسپیرولینا *Spirulina*	0	0.25	0.50	0.75	1
روغن سویا Soybean oil	3.61	3.62	3.64	3.66	3.68
دی‌کلسیم‌فسفات DCP	1.92	1.92	1.93	1.93	1.93
پوسته صدف Oyster shell	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
نمک طعام Common salt	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
کربنات سدیم $NaHCO_3$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
دی‌ال-متیونین DL-methionine	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
ال- لیزین هیدروکلرید L-lysine HCL	0.14	0.14	0.15	0.15	0.14
ال- ترئونین L-threonine	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
پری‌میکس ویتامینی[1]					

Table 2 Continue **ادامه جدول ۲**

Vitamin premix[1] پری‌میکس معدنی[۱]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Mineral premix[1] کوکسیدیواستات	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Coccidiostate جمع کل	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	100	100	100	100	100
Calculated chemical composition (%) انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/ کیلوگرم)					
AME (kcal/kg) پروتئین خام (درصد)	3050	3050	3050	3050	3050
Crude protein (%) کلسیم (درصد)	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
Calcium (%) فسفر قابل‌دسترس (درصد)	1	1	1	1	1
Available phosphorus (%) سدیم (درصد)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Na (%) متیونین (درصد)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Methionine (%) متیونین +سیستین (درصد)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Methionine+cysteine(٪) لیزین (درصد)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Lysine (%) ترئونین (درصد)	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24
Threonine (%) تریپتوفان (درصد)	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Tryptophan (%) تعادل آنیون کاتیون جیره (میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Dietary anion cation balance (meq/kg)	226	226	226	226	226

[۱] ویتامینها و مواد معدنی تامین شده در هر کیلوگرم جیره: ویتامین A: ۱۰۰۰۰واحد بین المللی، ویتامینD_3 : ۲۵۰۰ واحد بین المللی، ویتامینE : ۱۰ واحد بین المللی، ویتامین B_1: ۲/۲ میلی گرم، ویتامینB_1 : ۲/۲ میلی گرم، ویتامینB_2 : ۴ میلی گرم، ویتامینB3 : ۸ میلی گرم، ویتامینB6 : ۲ میلی گرم، ویتامینB9 : ۰/۵۶ میلی گرم، ویتامین B12: ۰/۰۱۵میلی گرم، ویتامینH2 : ۰/۱۵میلی گرم، کولین کلراید: ۲۰۰ میلی گرم، آهن: ۵۰ میلی گرم، سولفات روی : ۶۰ میلی گرم، سولفات منگنز: ۱۶۰ میلی گرم، ید: ۱میلی گرم، سولفات مس: ۵ میلی گرم، سلنیوم: ۰/۱ میلی گرم.

[1]Provided vitamins and minerals premix per kilogram of diet: vitamin A: 10000 IU; vitamin D_3:2500 IU; vitamin E: 10 IU; vitamin B_1: 2.2 mg; vitamin B_2: 4 mg; vitamin B_3; 8 mg; vitamin B2:4 mg; vitamin B3: 8 mg; vitamin B6: 2mg; vitamin B9: 0.56 mg; vitamin B12: 0.015 mg; vitamin H2: 0.15 mg; cholin chloride: 200 mg; Fe: 50 mg; Zn-sulfate: 60 mg; Mn-sulfate: 160 mg; Iodine: 1 mg; Cu-sulfate: 5 mg; Selenium: 0.1 mg.

جدول ۳- اقلام و ترکیب شیمیایی جیره در دوره پایانی (۲۶-۴۲ روزگی)

Table 3- Ingredients and chemical composition of diets in finisher period (26-42 days)

	درصد(%)				
اقلام خوراکی Feed ingredients	جیره شاهد Control diet	0.25% *Spirulina*	0.5 % *Spirulina*	0.75% *Spirulina*	1% *Spirulina*
دانه ذرت Corn grain کنجاله سویا	59.27	59.33	59.39	59.44	59.50
Soybean meal اسپیرولینا	32.60	32.27	31.95	31.63	31.30

Table 3 Continue **ادامه جدول ۳**

Spirulina	0	0.25	0.50	0.75	1
روغن سویا Soybean oil	4.17	4.19	4.21	4.23	4.25
دی‌کلسیم‌فسفات DCP	1.68	1.69	1.69	1.69	1.69
پوسته صدف Oyster shell	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
نمک طعام Common salt	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
کربنات سدیم $NaHCO_3$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
دی‌ال-متیونین DL-methionine	0.23	0.23	0.22	0.22	0.21
ال- لیزین هیدروکلرید L-lysine HCL	0	0	0	0	0
ال- ترئونین L-threonine	0.01	0.01	0	0	0
پری‌میکس ویتامینی[۱] Vitamin premix[1]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
پری‌میکس معدنی[۱] Mineral premix[1]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
کوکسیدیواستات Coccidiostate	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
جمع کل Total	100	100	100	100	100
Calculated chemical composition (%)					
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/ کیلوگرم) AME (kcal/kg)	3110	3110	3110	3110	3110
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8
کلسیم (درصد) Calcium (%)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
فسفر قابل‌دسترس (درصد) Available phosphorus (%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
سدیم (درصد) Na (%)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
متیونین (درصد) Methionine (%)	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
متیونین +سیستین (درصد) Methionine+Cysteine (%)	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
لیزین (درصد) Lysine (%)	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
ترئونین (درصد) Threonine (%)	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
تریپتوفان (درصد) Tryptophan (%)	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
تعادل آنیون کاتیون جیره (میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم) Dietary anion cation balance (meq/kg)	214	214	214	214	214

[۱] ویتامینها و مواد معدنی تامین شده در هر کیلوگرم جیره: ویتامین A: ۱۰۰۰۰واحد بین المللی، ویتامین D_3: ۲۵۰۰ واحد بین المللی، ویتامینE: ۱۰ واحد بین المللی، ویتامینB_1: ۲/۲ میلی گرم، ویتامینB_1: ۲/۲ میلی گرم، ویتامینB_2: ۴ میلی گرم، ویتامینB3: ۸ میلی گرم، ویتامینB6: ۲ میلی گرم، ویتامینB9: ۰/۵۶ میلی گرم، ویتامینB12: ۰/۰۱۵میلی گرم، ویتامینH2: ۰/۱۵میلی گرم، کولین کلراید: ۲۰۰ میلی گرم، آهن: ۵۰ میلی گرم، سولفات روی : ۶۰ میلی گرم، سولفات منگنز: ۱۶۰ میلی گرم، ید: ۱میلی گرم، سولفات مس: ۵ میلی گرم، سلنیوم: ۰/۱ میلی گرم.

[1]Provided vitamins and minerals premix per kilogram of diet: vitamin A: 10000 IU; vitamin D_3:2500 IU; vitamin E: 10 IU; vitamin B_1: 2.2 mg; vitamin B_2: 4 mg; vitamin B_3; 8 mg; vitamin B2:4 mg; vitamin B3: 8 mg; vitamin B6: 2mg; vitamin B9: 0.56 mg; vitamin B12: 0.015 mg; vitamin H2: 0.15 mg; cholin chloride: 200 mg; Fe: 50 mg; Zn-sulfate: 60 mg; Mn-sulfate: 160 mg; Iodine: 1 mg; Cu-sulfate: 5 mg; Selenium: 0.1 mg.

نتایج و بحث

نتایج عملکرد تولید جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی مختلف در شرایط تنش گرمایی، در جداول ۴ الی ۸ ارائه شده است. نتایج جدول عملکرد (جدول ۴) نشان می‌دهد که استفاده از سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا* بر میزان مصرف خوراک در دوره‌های آغازین، میانی، پایانی و در کل دوره تأثیر معنی‌داری نداشته است (P>۰/۰۵). همچنین استفاده از ۱۵۰ گرم در تن ویتامین E در جیره نیز نتوانست تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک جوجه‌ها داشته باشد. نتایج افزایش وزن جوجه‌ها نشان داد که در دوره‌های آغازین (۱۰-۰ روزگی) و رشد (۲۵-۱۱ روزگی)، سطوح مختلف ریزجلبک تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن جوجه‌ها نداشته، ولی در دوره پایانی سطح یک درصد *اسپیرولینا* توانست افزایش وزن جوجه‌ها را نسبت به گروه شاهد بهبود معنی‌داری دهد (P <۰/۰۵). استفاده از ۱۵۰ گرم در تن ویتامین E در جیره نیز نتوانست تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن جوجه‌ها در کل دوره داشته باشد. همانند نتایج افزایش وزن، در دوره های ۱۴-۰ روزگی و ۲۸-۱۵ روزگی، سطوح مختلف ریزجلبک تأثیر معنی‌داری بر ضریب تبدیل خوراک جوجه‌ها نداشت، ولی در دوره پایانی (۴۲-۲۹ روزگی) سطح یک درصد *اسپیرولینا* توانست بازده مصرف خوراک جوجه‌ها را نسبت به گروه شاهد بهبود معنی‌داری دهد (P <۰/۰۵). همچنین افزودن سطوح ۰/۵، ۰/۷۵ و یک درصد موجب بهبود بازده مصرف خوراک جوجه‌ها نسبت به گروه شاهد در کل دوره آزمایشی (۴۲-۰ روزگی) گردید (P<۰/۰۱). به‌علاوه استفاده از ۱۵۰ گرم در تن ویتامین E در جیره نیز موجب کاهش ضریب تبدیل خوراک طی کل دوره در مقایسه با گروه شاهد گردید. در ارتباط با صفت ضریب تبدیل خوراک اگرچه اختلاف آماری معنی‌داری بین سطوح ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۰/۷۵ درصد ریزجلبک با ویتامین E مشاهده نگردید، امّا افزودن سطح یک درصد موجب کاهش ضریب تبدیل در مقایسه با جوجه‌های تغذیه شده با جیره حاوی ویتامین E گردید.

نتایج اثرات سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا* بر خصوصیات لاشه و برخی از اندام‌های داخلی جوجه‌های گوشتی در شرایط تنش گرمایی در جدول ۶ ارائه شده است. همان‌طوری که در این جدول مشاهده می‌شود، بازده لاشه و ران جوجه‌ها تحت تأثیر سطوح مختلف *اسپیرولینای* جیره قرار نگرفتند، ولی بازده سینه همانند شرایط دمای عادی تحت تأثیر سطوح *اسپیرولینای* جیره قرار گرفت و در سطوح ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد، نسبت به گروه شاهد و ویتامین E به‌طور معنی‌داری بهبود یافت (P<۰/۰۱). وزن نسبی چربی محوطه بطنی نیز تحت تأثیر سطوح *اسپیرولینا* قرار گرفت و در پرندگان تغذیه شده با سطوح ۰/۷۵ و ۱ درصد، وزن نسبی چربی محوطه بطنی به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش یافت (P<۰/۰۱). وزن نسبی کبد در پرندگان گروه شاهد نسبت به پرندگان تغذیه شده با سطوح ۰/۵۰، ۰/۷۵ و یک درصد *اسپیرولینا* و همچنین گروه تغذیه شده با ویتامین E به‌طور معنی‌داری بالاتر بود (P<۰/۰۵). نتایج وزن نسبی پانکراس نیز نشان داد که در پرندگان تغذیه شده با سطوح بالای ۰/۲۵ درصد، وزن نسبی پانکراس کاهش معنی‌داری (P<۰/۰۵) نسبت به گروه شاهد داشتند، ولی تفاوت با گروه ویتامین E معنی‌دار نبود.

نتایج اثرات سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا* بر ترکیب جمعیت میکروبی روده کور جوجه‌های گوشتی تحت شرایط تنش گرمایی در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج بررسی جمعیت میکروبی روده کور نشان می‌دهد که شمار جمعیت کل، لاکتوباسیل و *اشرشیاکولی* در روده کور جوجه‌های گروه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (P>۰/۰۵). نتایج اثرات سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در جیره جوجه‌های گوشتی بر عیار پادتن علیه گلبول قرمز گوسفندی تحت شرایط تنش گرمایی در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که عیار پادتن بعد از تزریق اول و دوم در هر چهار سطح *اسپیرولینا* به همراه ویتامین E به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد بالا بوده است، اگرچه سطح یک درصد *اسپیرولینا* بالاترین عیار پادتن را در تزریق نوبت اول داشت (P<۰/۰۵).

همان‌گونه که قبلاً نیز اشاره شد، پتانسیل ژنتیکی بالای جوجه های گوشتی صنعتی باعث افزایش رشد روزافزون و در نتیجه، افزایش حساسیت این پرندگان به شرایط پرورش متراکم و تنش‌زا می‌گردد. حال اگر تنش اضافی مانند تنش گرمایی نیز به آن‌ها اضافه شود، مقاومت پرندگان نسبت به عوامل بیماری‌زا را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (Havenstein *et al*., 1994). مرغ فاقد غدد عرقی بوده و شش‌ها و کیسه‌های هوایی آن به‌عنوان خنک‌کنندگان تبخیری عمل می‌کنند. به هنگام تنش گرمایی ابتدا مرغ از این سیستم

خنک‌کننده تبخیری استفاده می‌کند و همچنان که دمای محیط افزایش می‌یابد، مصرف خوراک خود را کاهش می‌دهد و از این طریق، بار حرارتی حاصل از متابولیسم مواد خوراکی را کاهش دهد (Altan *et al*., 2003). با افزایش مداوم دمای محیط بخشی از انرژی دریافتی این پرندگان صرف لهله زدن شده و منجر به کمبود مواد مغذی و در نتیجه، کاهش عملکرد می‌شود. از طرفی، تنش گرمایی و در نتیجه، لهله زدن و افزایش نرخ تنفس نیاز به فعالیت عضلانی را افزایش و در نتیجه، نیاز به انرژی بیشتر می‌شود. با مقایسه عددی داده‌های جدول‌های عملکرد رشد برای مصرف خوراک، می‌توان دریافت که با قرارگیری پرندگان در معرض تنش های حرارتی مصرف خوراک پرنده‌ها در تمام دوره‌های پرورشی کاهش یافته است اگرچه تفاوت معنی‌دار نبوده است. همین مسئله در رابطه با افزایش وزن پرندگان نیز رخ داده، با این تفاوت که در دوره های پایانی و کل دوره تفاوت قابل توجهی در افزایش وزن پرندگان تغذیه شده با ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در مقایسه با گروه شاهد مشاهده می‌شود، به‌طوری‌که پرندگان تغذیه شده با *اسپیرولینا پلاتنسیس* افزایش وزن بیشتری نسبت به گروه شاهد داشتند. همین امر موجب شد تا ضریب تبدیل خوراک مطابق با تغییرات افزایش وزن، تغییر پیدا کرده و ضریب تبدیل خوراک در دوره پایانی و کل دوره، در گروه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی *اسپیرولینا پلاتنسیس* پائین‌تر از گروه شاهد گردد. مطالعات پیشین، تأثیر منفی تنش حرارتی را بر فعالیت آنزیم‌های هضمی دستگاه گوارش بلدرچین‌های ژاپنی گزارش کرده‌اند (Sahin *et al*., 2002). آن‌ها نشان دادند که با به‌وجود آمدن تنش گرمایی، فعالیت آنزیم‌های هضمی پرنده کاهش و حتی بدون توجه به تغییرات مصرف خوراک، قابلیت هضم و جذب مواد مغذی کاهش یافته و عملکرد رشد پرنده مختل می‌شود. حتی در تحقیقات دیگری، نشان داده شده که نفوذپذیری سلول‌های اپیتلیوم روده باریک به آندوتوکسین‌ها در شرایط تنش گرمایی افزایش یافته و این خود یکی از دلایل اصلی کاهش عملکرد رشد در جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی است (Nanto Hara *et al*., 2019; Tabler *et al*.,2020; Liu *et al*., 2020;)

بر همین اساس، محققان موفق شدند که با افزودن ترکیبات فیتوژنیک به آب مصرفی پرندگان باعث بهبود عملکرد آنزیم‌های هضمی شده و با بهتر کردن هضم و جذب مواد مغذی، اثرات مخرب تنش حرارتی بر رشد جوجه‌های گوشتی را کاهش دهند (Khosravinia *et al*., 2016). برخی محققان با توجه به مطالعات پیشین توانستند تا با استفاده از ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به‌عنوان یکی از ترکیبات فیتوژنیک گیاهی اثرات منفی تنش حرارتی بر هضم و جذب مواد مغذی حیوان را کاهش داده و رشد آن را جبران کنند (Mirzaie *et al*., 2017).

در این آزمایش، ضریب تبدیل خوراک و افزایش وزن پرندگان در گروه‌های تغذیه شده با سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*، خصوصاً سطوح ۰/۷۵ و یک درصد به‌طور قابل‌توجهی بهتر از گروه‌های دیگر بود. محققان دیگری با دستیابی به عملکرد رشد کاملاً مشابه با تحقیق حاضر بیان داشتند که تأثیر ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر جمعیت میکروبی روده مانند افزایش *لاکتوباسیلوس*‌ها و کاهش *اشرشیا کولی* موجب بهبود عملکرد پرنده در شرایط تنش حرارتی شده است(Mustafa *et al*., 2021) هم-چنین حاجاتی و همکاران(Hajati *et al*., 2020) گزارش دادند که استفاده از *اسپیرولینا پلاتنسیس* در سطح ۰/۵ درصد را می‌توان به‌عنوان جایگزین پروبیوتیک در جیره بلدرچین‌های تخم‌گذار تحت تنش گرمایی در نظر گرفت. ترکیب جمعیت میکروبی روده پرندگان رابطه مستقیمی با هضم و جذب مواد مغذی و در نتیجه، رشد و افزایش وزن بدن جوجه‌ها دارد، بنابراین افزایش *لاکتوباسیلوس*‌ها و کاهش *اشرشیا کولی* می‌تواند به‌طور غیرمستقیم راندمان هضم و جذب مواد مغذی را در روده بهبود دهد. اگرچه در آزمایش حاضر، شمار جمعیت کل، لاکتوباسیل و *اشرشیاکولی* در جوجه‌های گروه‌های مختلف تحت تنش تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، ولی شمار لاکتوباسیل‌ها در جوجه‌های تغذیه شده با ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* به‌طور عددی بیشتر از جوجه‌های گروه شاهد بود.

قبلاً اشاره گردید که تنش گرمایی، می‌تواند با تحت تأثیر قرار دادن پاسخ ایمنی یا تأثیرات منفی بر خصوصیات فیزیولوژیکی پرنده، عملکرد تولید آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (Havenstein *et al*., 1994). نشان داده شده که ایمولینا، پلی ساکاریدی با وزن مولکولی بالا در عصاره ریزجلبک *اسپیرولینا* است که می‌توانند باعث افزایش ایمنی اختصاصی گردد (Lobner *et al*., 2008) و *اسپیرولینا* قادر است با افزایش فعالیت‌های سیستم فاگوسیتی، سیستم ایمنی را در جوجه‌ها بهبود دهد (Zeweil *et al*., 2016) گزارش کردند که استفاده از *اسپیرولینا پلاتنسیس* در جیره جوجه‌های گوشتی می‌تواند باعث افزایش تیتر ایمنوگلوبولین G در جوجه‌های گوشتی شود. همچنین گزارش شد که استفاده از *اسپیرولینا* در جیره جوجه‌های گوشتی، باعث افزایش تعداد لوکوسیت‌ها و کاهش درصد تلفات در جوجه‌های گوشتی گردید(Lokapirnasaria *et al*., 2016). جهت ارزیابی تأثیر *اسپیرولینا* بر تنش گرمایی، اثر سطوح ۰/۵ و یک درصد *اسپیرولینا* به همراه ۰/۷۵درصد ویتامین E بررسی و گزارش شد که در شرایط تنش گرمایی، *اسپیرولینا* می‌تواند هم عملکرد و هم پاسخ ایمنی جوجه‌ها را نسبت به ویتامین E بهبود دهد (Zeweil *et al*., 2016).

با توجه به گزارش‌های مربوط به اثرات منفی تنش حرارتی بر آنزیم‌های گوارشی و سیستم ایمنی پرنده و تلاش محققان برای غلبه

بر این اثرات سوء با استفاده از ترکیبات فیتوژنیک (Khosravinia *et al.*, 2016) محققان مطالعه حاضر را به این نتیجه رسانده که احتمالاً بهبود بافت مخاطی و سیستم ایمنی روده و شاید افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی که در نهایت، می‌تواند منجر به افزایش قابلیت استفاده از مواد مغذی جیره گردد، از مهم‌ترین عوامل بهبود عملکرد پرندگان در شرایط تنش حرارتی باشند. از سوی دیگر، با توجه به اینکه ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* حاوی اسید آمینه‌ها و ترکیبات دیگر با خواص گوناگون است، این گمان نیز پیش می‌آید که احتمالاً برخی از ترکیبات آمینی غیر پروتئینی در محتویات *اسپیرولینا* وجود داشته باشند که بتوانند باعث افزایش رشد و تکثیر سلول‌های روده شده باشد. در این آزمایش، کاهش ضریب تبدیل خوراک در اثر افزایش وزن و ثبات مصرف خوراک احتمالا ناشی از بهبود قابلیت هضم و جذب مواد مغذی و افزایش بهره‌وری و استفاده پرندگان از این ترکیبات مصرف شده توسط خوراک شده است. به عبارت بهتر، پرندگان در دوره پایانی و با افزایش مصرف ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در جیره از فواید ضد میکروبی و حتی سیستم ایمنی آن بهتر بهره‌مند شده و در کنار افزایش قدرت هضم، جذب و متابولیسم مواد مغذی توانسته‌اند تا بر اثرات منفی تنش حرارتی فائق آمده و بتوانند تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای را در شاخص‌های افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با شاهد نشان دهند. مکانیسم احتمالی دیگر در ارتباط با نقش مثبت *اسپیرولینا* بر عملکرد را می‌توان به تأمین انرژی سوخت و ساز، اسیدهای چرب ضروری، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی که قابلیت گوارش بسیار بالایی داشته و در مقایسه با اغلب منابع پروتئین گیاهی از کمیت بالاتری برخوردار هستند، ارتباط داد (Abdel-Moneim *et al.*, 2022).

ارزیابی خصوصیات لاشه پرندگان تغذیه شده با ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* نشان داد که پرندگان مربوط به تیمارهای آزمایشی ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* نه‌تنها در مقایسه با گروه شاهد، بلکه در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با ویتامین E نیز بازده سینه بیشتر و چربی محوطه بطنی کمتری را نشان داده‌اند. اگرچه نتایج بازده لاشه و بازده ران پرندگان تحت تنش حرارتی در مقایسه با شاهد و تیمار حاوی ویتامین E معنی‌دار نبود، امّا میانگین بازده هرکدام از این شاخص‌ها در گروه‌های تغذیه شده با ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* بیشتر از دو گروه مذکور بود. بنابراین، ریزجلبک *اسپیرولینا* و به عبارت بهتر، اثرات فیزیولوژیکی و شیمیایی ترکیبات موجود در این ماده غذایی ارزشمند موجب شد تا قابلیت استفاده از مواد مغذی موجود در خوراک حتی در شرایط تنش گرمایی نیز بهبود یافته و متعاقباً موجب بهبود برخی از پارامترهای عملکردی حیوان گردید. سوگیهارتو و همکاران (Sugiharto *et al.*, 2018) عدم تأثیر افزودن سطح یک درصد جلبک *اسپیرولینا* را بر صفات لاشه گزارش کردند.

جدول ٤- تأثیر سطوح مختلف *اسپیرولینا* پلاتنسیس بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی

Table 4- Effects of different levels of *Spirulina platensis* on growth performance of broiler chickens under heat stress

سطح *اسپیرولینا* (درصد) *Spirulina* level (%)	۱-۱۴ روزگی 1-14 days	۱۵-۲۸ روزگی 15-28 days	۲۹-۴۲ روزگی 29-42 days	۱-۴۲ روزگی 1-42 days
	مصرف خوراک (گرم/پرنده) Feed intake (g/bird)			
شاهد (۰) Control (0)	485.8	1539.1	2100.1	4125.0
0.25	482.0	1505.7	2093.3	4078.0
0.5	477.5	1515.9	2099.9	4093.3
0.75	477.0	1507.9	2083.1	4068.0
1	482.6	1534.5	2059.3	4076.4
Vit E	486.1	1519.1	2076.8	4082.0
SEM	2.83	16.23	23.2	26.69
P-value	0.135	0.617	0.143	0.21
	افزایش وزن بدن (گرم/پرنده) Weight gain (g/bird)			
شاهد (۰) Control (0)	318.5	946.6	1034.5^{b}	2296.6^{b}
0.25	315.8	954.5	1079.5^{ab}	2349.8^{ab}
0.5	323.5	956.8	1073.9^{ab}	2354.2^{a}
0.75	323.8	957.0	1073.7^{ab}	2354.5^{a}
1	331.3	962.1	1110.8^{a}	2404.0^{a}
Vit E	330.6	947.1	1069.0^{ab}	2346.8^{ab}
SEM	7.6	8.28	14.7	17.95
P-value	0.494	0.161	0.041	0.045

	ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio			
شاهد (۰) Control (0)	1.52	1.62	2.03ᵃ	1.79ᵃ
0.25	1.52	1.58	1.94ᵃᵇ	1.74ᵇ
0.5	1.48	1.59	1.96ᵃᵇ	1.74ᵇ
0.75	1.47	1.58	1.94ᵃᵇ	1.73ᵇ
1	1.46	1.59	1.86ᵇ	1.70ᶜ
Vit E	1.47	1.60	1.94ᵃᵇ	1.74ᵇ
SEM	0.021	0.019	0.033	0.009
P-value	0.202	0.548	0.013	0.011

در هر ستون، میانگین اعدادی که حروف نامشابه دارند از نظر آماری با هم تفاوت معنی داری دارند(P<0.05)

In each column, mean of non-identical alphanumeric characters are statistically significant (P<0.05).

جدول ۵- تأثیر سطوح مختلف *اسپیرولینا* پلاتنسیس بر جمعیت میکروبی روده کور جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی

Table 5- Effects of different levels of *Spirulina platensis* on cecal microflora of broiler chickens under heat stress

سطح اسپیرولینا *Spirulina* level (%)	جمعیت کل باکتری Total bacterial count CFU/ml	*لاکتوباسیلوس* (واحد تشکیل کلنی/میلی‌لیتر) *Lactobacillus* CFU/ml	*اشرشیاکولی* (واحد تشکیل کلنی/میلی‌لیتر) *E. Coli* CFU/ml
شاهد (۰) Control (0)	7.35	7.24	7.18
0.25	7.29	7.28	7.20
0.5	7.29	7.51	7.20
0.75	7.28	7.38	7.16
1	7.28	7.28	7.13
Vit E	7.27	7.30	7.18
SEM	0.029	0.094	0.039
P-value	0.387	0.49	0.770

در هر ستون، میانگین اعدادی که حروف نامشابه دارند از نظر آماری با هم تفاوت معنی داری دارند(P<0.05)

In each column, mean of non-identical alphanumeric characters are statistically significant (P<0.05).

جدول ٦- تأثیر سطوح مختلف *اسپیرولینا* پلاتنسیس بر خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی (بر اساس وزن بدن نسبی)

Table 6- Effects of different levels of *Spirulina platensis* on carcass characteristics of broiler chickens under heat stress (Based on relative body weight)

سطح *اسپیرولینا* (درصد) *Spirulina* level (%)	لاشه Carcass	ران Thigh	سینه Breast	کبد Liver	پانکراس Pancreas	چربی بطنی Abdominal fat
شاهد (۰) Control (0)	62.26	20.78	24.03ᵇ	2.11ᵃ	0.256ᵃ	1.70ᵃ
0.25	62.42	21.87	24.59ᵃᵇ	1.98ᵃᵇ	0.235ᵃᵇ	1.62ᵃᵇ
0.5	63.79	21.43	25.94ᵃ	1.84ᵇ	0.217ᵇ	1.47ᵃᵇ
0.75	63.66	21.12	25.59ᵃ	1.75ᵇ	0.220ᵇ	1.36ᵇ
1	64.31	21.36	26.08ᵃ	1.75ᵇ	0.205ᵇ	1.39ᵇ
Vit E	63.44	21.65	23.97ᵇ	1.80ᵇ	0.252ᵃᵇ	1.45ᵃᵇ
SEM	0.588	0.289	0.347	0.059	0.009	0.062
P-value	0.137	0.124	0.007	0.011	0.011	0.002

در هر ستون، میانگین اعدادی که حروف نامشابه دارند از نظر آماری با هم تفاوت معنی داری دارند(P<0.05)

In each column, mean of non-identical alphanumeric characters are statistically significant (P<0.05).

جدول ۷- تأثیر سطوح مختلف *اسپیرولینا پلاتنسیس* بر عیار پادتن علیه گلبول قرمز گوسفندی در جوجه‌های گوشتی پرورش داده شده تحت تنش گرمایی

Table 7- Effects of different levels of *Spirulina platensis* on antibody titer against SRBC of broiler chickens reared under heat stress

سطح *اسپیرولینا* (درصد) *Spirulina* level (%)	بعد از تزریق اوّل After the first injection	بعد از تزریق دوّم After the second injection
شاهد (۰) Control (0)	2.83^{c}	1.33^{c}
0.25	3.83^{b}	2.50^{b}
0.5	3.83^{b}	3.67^{ab}
0.75	3.67^{b}	4.00^{a}
1	4.50^{a}	3.92^{a}
Vit E	3.67^{b}	3.67^{ab}
SEM	0.217	0.405
P-value	0.001	0.008

در هر ستون، میانگین اعدادی که حروف نامشابه دارند از نظر آماری با هم تفاوت معنی داری دارند(P<0.05)

In each column, mean of non-identical alphanumeric characters are statistically significant (P<0.05).

تویومیزو و همکاران(Toyomizu *et al*., 2001) اثر سه سطح صفر، ۴ و ۸ درصد *اسپیرولینا* را در جوجه‌های گوشتی نر ۲۱ روزه آزمایش کردند و عدم تغییر وزن بدن، کبد، چربی محوطه بطنی، کلیه و ماهیچه سینه را مشاهده کردند. پارک و همکاران (Park *et al*., 2018) نیز با بررسی صفات لاشه به این نتیجه رسیدند که وزن نسبی کبد، طحال، سنگدان، بورس فابریسیوس و چربی محوطه بطنی تحت تأثیر سطوح مختلف جلبک *اسپیرولینا* قرار نگرفت.

نتیجه‌گیری کلی

نتیجه‌گیری شد که در شرایط تنش گرمایی، سطوح مختلف ریزجلبک *اسپیرولینا* و ویتامین E، تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک کل دوره نداشته، ولی در این شرایط سه سطح ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱درصد توانستند افزایش وزن جوجه‌ها را نسبت به گروه شاهد بهبود معنی داری دهند. استفاده از ۱۵۰ گرم در تن ویتامین E نتوانست تأثیر معنی داری بر افزایش وزن جوجه‌ها در کل دوره داشته باشد، ولی همه سطوح *اسپیرولینا* توانستند ضریب تبدیل خوراک را نسبت به گروه شاهد کاهش دهند. بازده سینه پرندگان تغذیه شده با ۰/۷۵ و یک درصد *اسپیرولینا* نسبت به گروه شاهد بهبود معنی‌داری داشتند و همچنین با افزایش اسپیرولینا، وزن نسبی چربی محوطه بطنی جوجه ها به‌طور خطی کاهش یافت. همچنین پاسخ سیستم ایمنی هومورال در هر چهار سطح *اسپیرولینا* به همراه ویتامین E به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد بالا بوده است، اگرچه سطح یک درصد *اسپیرولینا* بالاترین عیارپادتن را داشت.

References

1. Abdel-Moneim, A. M. E.; Shehata, A. M.; Selim, D. A.; El-Saadony, M. T.; Mesalam, N. M., & Saleh, A. A. (2022). *Spirulina platensis* and biosynthesized selenium nanoparticles improve performance, antioxidant status, humoral immunity and dietary and ileal microbial populations of heat-stressed broilers. *Journal of Thermal Biology*, *104*, 103195. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103195.
2. Altan, Ö. Z. G. E., Pabuçcuoğlu, A., Altan, A., Konyalioğlu, S., & Bayraktar, H. (2003). Effect of heat stress on oxidative stress, lipid peroxidation and some stress parameters in broilers. *British Poultry Science*, *44*, 545-550. https://doi.org/10.1080/00071660310001618334.
3. Al-Batshan, H. A., Al-Mufarrej, S. I., Al-Homaidan, A. A., & Qureshi, M. A. (2001). Enhancement of chicken macrophage phagocytic function and nitrite production by dietary *Spirulina platensis*. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, *23*, 281-289. https://doi.org/10.1081/iph-100103866.
4. Ansari, M. S., Hajati, H., Gholizadeh, F., Soltani, N., Alavi, S. M. (2018). Effect of different levels of *spirulina platensis* on growth performance, intestinal morphology, gut microflora, carcass characteristics and some blood parameters in broiler chickens. *Journal of Phycological Research*, 2(2), 186-197.
5. Baojiang, G. (1994). Study on effect and mechanism of polysaccharides of *Spirulina platensis* on body immune functions improvement. Book of Abstracts. *In Second Asia Pacific Conference on Algal Biotechnology*, 24, 25-27.
6. Belay, T., & Teeter, R. G. (1993). Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. *Poultry Science*, *72*, 116-124. https://doi.org/10.3382/ps.0720116.
7. Hajati, H., & Zaghari, M. (2019). *Spirulina platensis* in poultry nutrition. *Cambridge Scholars Publishing*, 108-129.
8. Hajati, H., & Zaghari, M. (2019). Effects of *Spirulina platensis* on growth performance, carcass characteristics, egg traits and immunity response of Japanese quails. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, *9*, 347-357.
9. Hajati, H., Zaghari, M., & Oliveira, H. (2020). *Arthrospira (spirulina) platensis* can be considered as a probiotic

alternative to reduce heat stress in laying Japanese quails. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *22*(1), 1–8. https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0977.

10. Havenstein, G. B., Ferket, P. R., Scheideler, S. E., & Larson, B. T. (1994). Growth, livability, and feed conversion of 1957 vs 1991 broilers when fed "typical" 1957 and 1991 broiler diets. *Poultry Science*, 73, 1785–1794. https://doi.org/10.3382/ps.0731785.
11. Kaoud, H. A. (2015). Effect of *Spirulina platensis* as a dietary supplement on broiler performance in comparison with prebiotics. *Scientific Journal of Applied Research*, *1*, 1-6.
12. Khosravinia, H. (2016). Mortality, production performance, water intake and organ weight of the heat stressed broiler chicken given savory (*Satureja khuzistanica*) essential oils through drinking water. *Journal of Applied Animal Research*, *44*, 273-280. https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1031781.
13. Lokapirnasari, W.P., Yulian, A.B., Legowoc, D., & Agustono. (2016). the effect of *Spirulina* as feed additive to myocardial necrosis and leukocyte of chicken with avian influenza (H_5N_1) virus. Infection. *Procedia Chemistry*, *18*(2016), 213–217. https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.01.033.
14. Liu, G., Zhu, H., Ma, T., Yan, Z., Zhang, Y., Geng, Y., & Shi, Y. (2020). Effect of chronic cyclic heat stress on the intestinal morphology, oxidative status and cecal bacterial communities in broilers. *Journal of Thermal Biology*, *91*, 10261. https://doi: 10.1016/j.jtherbio.2020.102619.
15. Lobner, M., Walsted, A., Larsen, R., Bendtzen, K., & Nielsen, C. H. (2008). Enhancement of human adaptive immune responses by administration of a high-molecular-weight polysaccharide extract from the cyanobacterium *Arthrospira platensis. Journal of Medicinal Food, 11*, 2, 313-22. https://doi: 10.1089/jmf.2007.564.
16. Mirzaie, S., Zirak-Khattab, F., Hosseini, S. A., & Donyaei-Darian, H. (2018). Effects of dietary *Spirulina* on antioxidant status, lipid profile, immune response and performance characteristics of broiler chickens reared under high ambient temperature. *Asian-Australas Journal Animal Science*, *31*, 556-563. https://doi:10.5713/ajas.17.0483.
17. Moustaf, E., Walaa, F., Alsanie, A., Nancy, N., Kamel, A., Alaqil, A., & Ahmed, O. (2021). Blue-green algae (*Spirulina platensis*) alleviates the negative impact of heat stress on broiler production performance and redox status. *Animals*, *11*(1243), 1-13. https://doi:10.3390/ani11051243.
18. Nanto-Hara, F., Kikusato, M., Ohwada, S., & Toyomizu, M. (2019). Heat stress directly affects intestinal integrity in broiler chickens. *The Journal of Poultry Science*, 0190004. https://doi:10.2141/jpsa.0190004.
19. Olfati, A., Mojtahedin, A., Sadeghi, T., Akbari, M., & Martínez-Pastor, F. (2018). Comparison of growth performance and immune responses of broiler chicks reared under heat stress, cold stress and thermoneutral conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*و 16(2). https://doi.org/10.5424/sjar/2018162-12753.
20. Park, J. H., Lee, S. I., & Kim, I. H., (2018). Effect of dietary *Spirulina platensis* on the growth performance, antioxidant enzyme activity, nutrient digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and breast meat quality of broiler chickens. *Poultry Science*, 0, 1-9. https://doi:10.3382/ps/pey093.
21. Qureshi, M. A., Garlich, J. D., & Kidd, M. T. (1996). Dietary *spirulina platensis* enhances humoral and cell mediated immune functions in chickens. *Immunopharmacology and Immunological*, *18*, 465-47. https://doi.org/10.3109/08923979609052748.
22. Rawshon J.A.B.M., Rashedunnabi, A., Mahfujur, R., Anwar, H., & Siddiqul, I. (2015). Prebiotic competence of *Spirulina* on the production performance of broiler chickens. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, *2*, 304-309. https://doi: 10.5455/javar.2015.b94.
23. Raju, M.V.L.N., Rama, R.S.V., Radhika, K., & Chawak, M.M. (2004). Effects of *Spirulina platensis* or furazolidone on the performance and immune response of broiler chickens fed with aflatoxin contaminated diet. *Indian Journal of Animal Nutrition*, *21*, 40–44.
24. Sahin, K., Kucuk, O., Sahin, N., & Gursu, M. F. (2002). Optimal dietary concentration of vitamin E for alleviating the effect of heat stress on performance, thyroid status, ACTH and some serum metabolite and mineral concentrations in broilers. *Veterinary Medicine*, 110–116. https://doi.org/ 10.17221/5813-Vet Med.
25. Sugiharto, S., Yudiarti, T., Isroli, I., & Widiastuti, E. (2018). Effect of feeding duration of *Spirulina platensis* on growth performance, haematological parameters, intestinal microbial population and carcass traits of broiler chicks. *South African Journal of Animal Science*, *48*, 98-107.http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v48i1.12.
26. Tabler, T. W., Greene, E. S., Orlowski, S. K., Hiltz, J. Z., Anthony, N. B., & Dridi, S. (2020). Intestinal barrier integrity in heat-stressed modern broilers and their ancestor wild jungle fowl. *Frontiers in Veterinary Science*, *7*, 249. https://doi.org/ 10.3389/fvets.2020.00249
27. Thaxton, P., Sadler, C. R., & Glick, B. (1968). Immune response of chickens following heat exposure or injections with ACTH. *Poultry Science*, 47, 264-266. https://doi.org/10.3382/ps.0470264.
28. Toyomizu M, Sato, Taroda H, Kato T & Akiba Y. (2001). Effects of dietary *Spirulina* on meat colour in muscle of broiler chickens. *British Poultry Science*, *42*, 197-202. https://doi.org/10.1080/00071660120048447.
29. Yusuf, Mohamed S., Marwa A. Hassan, Mohamed M. Abdel-Daim, Adel S. El Nabtiti, Ali Meawad Ahmed, Sherief A. Moawed7, Ahmed Kamel El-Sayed8 & Hengmi Cui. (2016). Value added by *Spirulina platensis* in two different diets on growth performance, gut microbiota, and meat quality of Japanese quails. *Veterinary World*, EISSN: 2231-0916. https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.1287-1293.

30. Zeweil H.; Abaza, I. M.; Zahran, S. M.; Ahmed, M. H., Haiam M. Aboul_Ela & Asmaa, A. S. (2016). Effect of *Spirulina platensis* as dietary supplement on some biological traits for chickens under heat stress condition. *Asian Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences, 6,* 2016, 08-12.